



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Off nlegungsschrift**
10 **DE 197 39 848 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
F 02 D 41/30
F 01 N 3/10
B 01 D 53/94
B 01 D 53/30

21 Aktenzeichen: 197 39 848.0
22 Anmeldetag: 11. 9. 97
43 Offenlegungstag: 18. 3. 99

DE 197 39 848 A 1

71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE
74 Vertreter:
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188
Stuttgart

72 Erfinder:
Koehler, Christian, 74391 Erligheim, DE

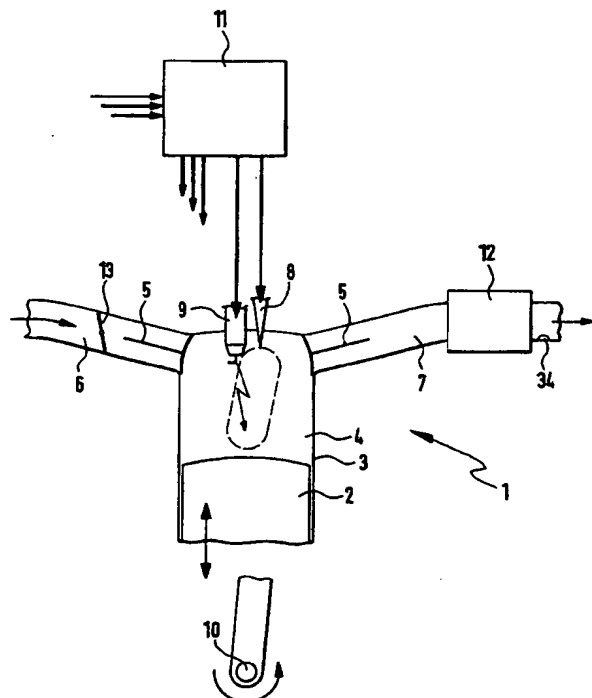
56 Entgegenhaltungen:
DE 1 95 06 980 C2
DE 44 10 489 C1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Brennkraftmaschine insbesondere für ein Kraftfahrzeug

57 Es wird eine Brennkraftmaschine (1) insbesondere für ein Kraftfahrzeug beschrieben, die mit Mitteln zur Verbrennung eines Kraftstoff-/Luft-Gemisches in einem Brennraum (4) und mit einem Katalysator (12) zur Behandlung des bei der Verbrennung entstehenden Abgases versehen ist. Der Katalysator (12) ist dabei zur Reduzierung von zugeführten Stickstoffoxiden geeignet. Das Kraftstoff-/Luft-Gemisch ist derart dem Brennraum (4) zuführbar, daß im Brennraum (4) zuerst ein Sauerstoffüberschuß und dann ein Sauerstoffmangel vorhanden ist. Ein Steuergerät (11) ist vorhanden, mit dem während des Sauerstoffüberschusses die Masse der dem Katalysator (12) zufließenden Stickstoffoxiden ermittelbar ist, und mit dem bei Erreichen einer vorgegebenen Zuflußmasse von dem Sauerstoffüberschuß zu dem Sauerstoffmangel umsteuerbar ist.



DE 197 39 848 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem ein Kraftstoff/Luft-Gemisch in einem Brennraum verbrannt wird, bei dem das bei der Verbrennung entstehende Abgas mittels eines Katalysators behandelt wird, wobei der Katalysator zur Reduzierung von zugeführten Stickstoffoxiden geeignet ist, und bei dem das Kraftstoff/Luft-Gemisch derart dem Brennraum zugeführt wird, daß im Brennraum zuerst ein Sauerstoffüberschuß und dann ein Sauerstoffmangel vorhanden ist. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit Mitteln zur Verbrennung eines Kraftstoff/Luft-Gemisches in einem Brennraum, mit einem Katalysator zur Behandlung des bei der Verbrennung entstehenden Abgases, wobei der Katalysator zur Reduzierung von zugeführten Stickstoffoxiden geeignet ist, und bei dem das Kraftstoff/Luft-Gemisch derart dem Brennraum zuführbar ist, daß im Brennraum zuerst ein Sauerstoffüberschuß und dann ein Sauerstoffmangel vorhanden ist.

Ein derartiges Verfahren und eine derartige Brennkraftmaschine sind aus der deutschen Patentschrift DE 195 06 980 C2 bekannt.

Dort wird das dem Brennraum zugeführte Kraftstoff/Luft-Gemisch derart geregelt, daß abwechselnd ein fettes Kraftstoff/Luft-Gemisch und damit Sauerstoffmangel oder ein mageres Kraftstoff/Luft-Gemisch und damit Sauerstoffüberschuß vorliegt. Die Zeitintervalle des Sauerstoffmangels bzw. des Sauerstoffüberschusses werden dabei jeweils vorab festgelegt. Die bei der Verbrennung entstehenden Abgase werden einem Katalysator zugeführt, der unter anderem zur Reduzierung von Stickstoffoxiden vorgesehen ist.

Ein derartiger Katalysator wirkt einerseits als Oxidationskatalysator. Dies bedeutet, daß bei Sauerstoffmangel den Stickstoffoxiden der Sauerstoff entzogen und damit die bei der Verbrennung entstehenden Kohlenwasserstoffe und die ebenfalls entstehenden Kohlenmonoxide oxidiert werden. Bei Sauerstoffüberschuß könnte der Oxidationskatalysator an sich ebenfalls die Stickstoffoxide reduzieren. Aufgrund des im Überschuß vorhandenen Sauerstoffs findet diese Reaktion jedoch nicht statt und der Oxidationskatalysator verwendet statt dessen den Überschußsauerstoff.

Andererseits wirkt der genannte Katalysator als Speicherkatalysator. Dies bedeutet, daß bei Sauerstoffüberschuß der Speicherkatalysator die bei der Verbrennung entstehenden Stickstoffoxide aufnimmt. Bei Sauerstoffmangel gibt der Speicherkatalysator die aufgenommenen Stickstoffoxide wieder ab.

Durch die Verwendung des Oxidationskatalysators und des Speicherkatalysators in dem genannten Katalysator wird erreicht, daß die bei Sauerstoffüberschuß von dem Oxidationskatalysator nicht verwertbaren Stickstoffoxide von dem Speicherkatalysator aufgenommen und zwischengespeichert werden. Bei Sauerstoffmangel können dann die von dem Speicherkatalysator wieder abgegebenen Stickstoffoxide von dem Oxidationskatalysator reduziert werden.

Der Speicherkatalysator kann jedoch nur eine begrenzte Masse an Stickstoffoxiden aufnehmen. Dies hat zur Folge, daß der Speicherkatalysator nach einer gewissen Beladungszeit, in der er die Stickstoffoxide aufnimmt, wieder entladen werden muß. Bei der Entladung gibt der Speicherkatalysator die Stickstoffoxide wieder ab, so daß er danach von neuem beladen werden kann. Wird der Speicherkatalysator zu spät entladen, so hat dies zur Folge, daß aufgrund des "aufgefüllten" Speicherkatalysators die Stickstoffoxide nicht mehr

von demselben aufgenommen werden können und damit als Schadstoff in die Umwelt entweichen. Wird der Speicherkatalysator zu lange entladen, so ist er "leer" und liefert keine Stickstoffoxide mehr, so daß dem Oxidationskatalysator der Sauerstoff zum Oxidieren der Kohlenwasserstoffe und der Kohlenmonoxide fehlt, wodurch diese dann als Schadstoffe in die Umwelt entweichen.

Das Beladen und Entladen des Speicherkatalysators muß deshalb genau gesteuert und/oder geregelt werden. Dies wird über die Sauerstoffzufuhr erreicht. Bei Sauerstoffüberschuß wird der Speicherkatalysator beladen und nimmt Stickstoffoxide auf und bei Sauerstoffmangel wird der Speicherkatalysator entladen und gibt Stickstoffoxide ab. Bei der eingangs genannten deutschen Patentschrift DE 195 06 980 C2 wird der Sauerstoffüberschuß und der Sauerstoffmangel über vorab festgelegte Zeitintervalle gesteuert. Dies hat sich jedoch als zu ungenau herausgestellt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art zu schaffen, mit der eine genaue Beeinflussung des Beladens und Entladens des Speicherkatalysators möglich ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß während des Sauerstoffüberschusses die Masse der dem Katalysator zufließenden Stickstoffoxide ermittelt wird, und daß bei Erreichen einer vorgegebenen Zuflußmasse von dem Sauerstoffüberschuß zu dem Sauerstoffmangel umgesteuert wird.

Des weiteren wird die Aufgabe bei einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Steuergerät vorhanden ist, mit dem während des Sauerstoffüberschusses die Masse der dem Katalysator zufließenden Stickstoffoxide ermittelbar ist, und mit dem bei Erreichen einer vorgegebenen Zuflußmasse von dem Sauerstoffüberschuß zu dem Sauerstoffmangel umsteuerbar ist.

Es wird also die tatsächlich dem Katalysator zufließende Masse an Stickstoffoxiden ermittelt und für die Beeinflussung der Sauerstoffzufuhr herangezogen. Dies stellt einen wesentlich genaueren Beladevorgang dar als bei der bekannten Vorgabe eines Zeitintervalls. Wird die Zuflußmasse erreicht, so bedeutet dies, daß danach der Speicherkatalysator überlaufen würde. Dies wird durch die Umsteuerung nach Sauerstoffmangel verhindert.

Durch die Ermittlung der tatsächlich dem Katalysator zufließenden Stickstoffoxide wird somit ein "Überlaufen" des Katalysators sicher vermieden. Es wird verhindert, daß die Brennkraftmaschine weiterhin mit Sauerstoffüberschuß betrieben wird, obwohl der Speicherkatalysator keine Stickstoffoxide mehr aufnehmen kann. Auf diese Weise wird erreicht, daß die Stickstoffoxide entweder von dem Speicherkatalysator aufgenommen oder von dem Oxidationskatalysator reduziert werden. Schädliche Stickstoffoxide können damit nicht in die Umwelt entweichen.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Masse der dem Katalysator zufließenden Stickstoffoxide durch eine Integration des Massenstroms der dem Katalysator zufließenden Stickstoffoxide ermittelt. Dies stellt eine einfache und trotzdem zuverlässige Art dar, die Masse der Stickstoffoxide, die zu dem Katalysator gelangen, zu ermitteln.

Besonders zweckmäßig ist es, wenn der Massenstrom der dem Katalysator zufließenden Stickstoffoxide aus dem Luftmassenstrom zum Brennraum oder aus der an der Brennkraftmaschine anliegenden Last ermittelt wird. Beide Möglichkeiten gewährleisten eine schnelle und genaue Ermittlung des Massenstroms der Stickstoffoxide. Der Zusammenhang zwischen dem Massenstrom der Stickstoffoxide und dem Luftmassenstrom bzw. der Last kann dabei in ei-

nem Kennfeld abgelegt sein, das insbesondere auch noch von der Drehzahl der Brennkraftmaschine abhängig ist.

Des weiteren ist es vorteilhaft, wenn bei der Ermittlung die Drehzahl der Brennkraftmaschine und/oder das Verhältnis des Kraftstoff/Luft-Gemisches im Brennraum berücksichtigt wird, und/oder wenn ein Faktor berücksichtigt wird, der dem Anteil der an die Umwelt abgegebenen Stickstoffoxide entspricht.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird während des Sauerstoffmangels die Masse der in dem Katalysator noch vorhandenen Stickstoffoxide ermittelt, und es wird bei Erreichen einer vorgegebenen Abflußmasse der Sauerstoffmangel beendet. Dies stellt die Umkehrung des Beladevorgangs des Speicherkatalysators dar, also dessen Entladung. Das Steuergerät ermittelt die tatsächlich von dem Katalysator abfließende Masse an Stickstoffoxiden und zieht diese für die Beeinflussung der Sauerstoffzufuhr heran. Dies stellt einen wesentlich genaueren Entladevorgang dar als bei der bekannten Vorgabe eines Zeitintervalls. Erst wenn soviel Stickstoffoxide aus dem Katalysator abgeflossen sind, daß der Speicherkatalysator entleert ist, wird der Sauerstoffmangel und damit die Entladung beendet. Durch die Ermittlung der tatsächlich aus dem Katalysator abfließenden Stickstoffoxide durch das Steuergerät wird somit ein vollständiges Entleeren des Speicherkatalysators und damit eine optimale Ausnutzung der Speicherfunktion des Katalysators erreicht.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Masse der vom Katalysator abfließenden Stickstoffoxide durch eine Integration des Massenstroms der vom Katalysator abfließenden Stickstoffoxide ermittelt. Dabei ist es vorteilhaft, wenn bei der Ermittlung ein Faktor berücksichtigt wird, der dem Anteil der an die Umwelt abgegebenen Kohlenmonoxide entspricht.

Bei einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden die vorgegebene Zuflußmasse und/oder die vorgegebene Abflußmasse in Abhängigkeit von der Temperatur des Katalysators und/oder von dem Sättigungsverhalten des Katalysators bestimmt. Auf diese Weise wird eine hohe Genauigkeit bei der Vorgabe der Zufluß- bzw. der Abflußmasse erreicht. Des weiteren wird durch das Sättigungsverhalten des Katalysators dessen nichtlineares Verhalten während des Belade- bzw. Entladevorgangs berücksichtigt.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Sauerstoffmangel nach einer vorgegebenen Zeitdauer beendet. Es wird also der Entladevorgang zeitabhängig von dem Steuergerät durchgeführt. Dies ist möglich, da der Entladevorgang üblicherweise nur etwa 1 bis 2 Sekunden andauert. Insofern kann aufgrund der Kürze dieser Zeitdauer durch die zeitabhängige Steuerung der Entladung – wenn überhaupt – nur ein geringer Fehler im Vergleich zu einer masseabhängigen Steuerung auftreten. Aus diesem Grund stellt die zeitabhängige Beendigung des Entladevorgangs in Verbindung mit der masseabhängigen Beladung des Katalysators eine schnelle und effektive Art dar, die Sauerstoffzufuhr und damit das Beladen und Entladen des Katalysators durch das Steuergerät zu steuern.

Besonders zweckmäßig ist es, wenn die Zeitdauer in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine und/oder der an der Brennkraftmaschine anliegenden Last und/oder der Temperatur des Katalysators und/oder der Temperatur der Brennkraftmaschine bestimmt wird. Mit diesen Parametern ist es möglich, die Zeitdauer für die Entladung relativ genau vorab zu ermitteln.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird das Verhältnis des Kraftstoff/Luft-Gemisches nach dem Katalysator überwacht, und es wird in Abhängigkeit davon die Beendigung des Sauerstoffmangels beeinflusst. Sobald ein

Übergang von einem mageren auf ein fettes Kraftstoff/Luft-Gemisch erkannt wird, bedeutet dies, daß der Speicherkatalysator nicht mehr genügend Sauerstoff zur Oxidation der Kohlenwasserstoffe und des Kohlenmonoxids abgibt. Der Speicherkatalysator ist somit entladen. Daraufhin kann der Sauerstoffmangel und damit der Entladevorgang beendet und die Sauerstoffzufuhr wieder zu einem Beladevorgang umgesteuert werden.

Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Steuerelements, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs vorgesehen ist. Dabei ist auf dem insbesondere als Speichermedium ausgebildeten Steuerelement ein Programm abgespeichert, das auf einem Rechengert, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauf-fähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. In diesem Fall wird also die Erfindung durch ein auf dem Steuerelement abgespeichertes Programm realisiert, so daß dieses mit dem Programm versehene Speichermedium in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist.

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

Fig. 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs,

Fig. 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben der Brennkraftmaschine nach der Fig. 1,

Fig. 3 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben der Brennkraftmaschine nach der Fig. 1, und

Fig. 4 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben der Brennkraftmaschine nach der Fig. 1.

In der Fig. 1 ist eine Brennkraftmaschine 1 dargestellt, bei der ein Kolben 2 in einem Zylinder 3 hin- und herbewegbar ist. Der Zylinder 3 ist mit einem Brennraum 4 versehen, an den über Ventile 5 ein Ansaugrohr 6 und ein Abgasrohr 7 angeschlossen sind. Des weiteren sind dem Brennraum 4 ein Einspritzventil 8 und eine Zündkerze 9 zugeordnet.

In einer ersten Betriebsart, dem Schichtbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird der Kraftstoff von dem Einspritzventil 8 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Verdichtungsphase in den Brennraum 4 eingespritzt, und zwar örtlich in die unmittelbare Umgebung der Zündkerze 9 sowie zeitlich unmittelbar vor dem oberen Totpunkt des Kolbens 2. Dann wird mit Hilfe der Zündkerze 9 der Kraftstoff entzündet, so daß der Kolben 2 in der nunmehr folgenden Arbeitsphase durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs angetrieben wird.

In einer zweiten Betriebsart, dem Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird der Kraftstoff von dem Einspritzventil 8 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Ansaugphase in den Brennraum 4 eingespritzt. Durch die gleichzeitig angesaugte Luft wird der eingespritzte Kraftstoff verwirbelt und damit in dem Brennraum 4 im we-

sentlichen gleichmäßig verteilt. Danach wird das Kraftstoff/Luft-Gemisch während der Verdichtungsphase verdichtet, um dann von der Zündkerze 9 entzündet zu werden. Durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs wird der Kolben 2 angetrieben.

Im Schichtbetrieb, wie auch im Homogenbetrieb wird durch den angetriebenen Kolben eine Kurbelwelle 10 in eine Drehung versetzt, über die letztendlich die Räder des Kraftfahrzeugs angetrieben wird.

Die im Schichtbetrieb und im Homogenbetrieb von dem Einspritzventil 8 in den Brennraum 4 eingespritzte Kraftstoffmasse wird von einem Steuergerät 11 insbesondere im Hinblick auf einen geringen Kraftstoffverbrauch und/oder eine geringe Abgasentwicklung gesteuert und/oder geregelt. Zu diesem Zweck ist das Steuergerät 11 mit einem Mikroprozessor versehen, der in einem Speichermedium, insbesondere in einem Read-Only-Memory ein Programm abgespeichert hat, das dazu geeignet ist, die genannte Steuerung und/oder Regelung durchzuführen.

Das Abgasrohr 7 ist mit einem Katalysator 12 verbunden, der mit einem Oxidationskatalysator zur Oxidation insbesondere von Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxiden sowie mit einem Speicherkatalysator zur Speicherung von Stickstoffoxiden versehen ist.

In Abhängigkeit von dem durch das Steuergerät 11 eingestellten Verhältnis des Kraftstoff/Luft-Gemisches ergibt sich in dem Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 entweder ein Sauerstoffüberschuß, also ein mageres Gemisch, oder ein Sauerstoffmangel, also ein fettes Gemisch, oder ein stöchiometrisches Verhältnis des Kraftstoffs und der Luft. Das fette Gemisch wird insbesondere im Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine 1 eingestellt, während das magere Gemisch zur Verbrauchsminderung insbesondere im Schichtbetrieb vorhanden ist.

Bei Sauerstoffüberschuß könnte der Oxidationskatalysator an sich die dem Katalysator 12 zugeführten Stickstoffoxide reduzieren und damit den Stickstoffoxiden den Sauerstoff entziehen. Aufgrund des Sauerstoffüberschuß nimmt der Oxidationskatalysator jedoch den im Überschuß vorhandenen Sauerstoff auf. Die von dem Oxidationskatalysator nicht verwendeten Stickstoffoxide werden von dem Speicherkatalysator aufgenommen und gespeichert. Dies stellt einen Beladevorgang des Katalysators 12 dar, bei dem die Stickstoffoxide dem Katalysator 12 zufließen.

Bei Sauerstoffmangel gibt der Speicherkatalysator die gespeicherten Stickstoffoxide wieder ab. Dies stellt einen Entladevorgang des Katalysators 12 dar, bei dem die Stickstoffoxide aus dem Katalysator 12 abfließen. Aufgrund des Sauerstoffmangels ist nicht ausreichend Sauerstoff vorhanden, weshalb der Oxidationskatalysator den Stickstoffoxiden den Sauerstoff entzieht, um damit die bei der Verbrennung entstehenden Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxide zu oxidieren.

Der Katalysator 12 kann nicht unbegrenzt Stickstoffoxide speichern. Aus diesem Grund muß der Beladevorgang zeitlich begrenzt sein. Danach muß der Katalysator 12 wieder entladen werden. Diese Be- und Entladung wird von dem Steuergerät 11 durch eine entsprechende Sauerstoffzufuhr gesteuert und/oder geregelt. Die Sauerstoffzufuhr wird durch den entsprechenden Betrieb der Brennkraftmaschine 1 im Homogenbetrieb oder im Schichtbetrieb erreicht. Insbesondere wird zur Beeinflussung der Sauerstoffzufuhr eine im Ansaugrohr 6 vorhandene Drosselklappe 13 verwendet.

Nachfolgend sind drei Möglichkeiten beschrieben, wie die Be- und Entladung des Katalysators 12 von dem Steuergerät 11 gesteuert und/oder geregelt werden kann.

In der Fig. 2 wird in einem Block 14 eine Zuflußzeit TZ und in einem Block 15 eine Abflußzeit TA ermittelt. Die Zu-

flußzeit TZ stellt diejenige Zeitdauer dar, in der der Katalysator 12 mit Stickstoffoxiden beladen wird, und die Abflußzeit TA stellt diejenige Zeitdauer dar, in der der Katalysator 12 wieder entladen wird. Die Zuflußzeit TZ und die Abflußzeit TA werden von dem Steuergerät 11 insbesondere in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 und/oder von der an der Brennkraftmaschine 1 anliegenden Last und/oder von der Temperatur des Katalysators 12 und/oder von der Temperatur der Brennkraftmaschine 1 bestimmt.

Des weiteren ist ein Zeitgeber 16 vorgesehen, dessen Ausgangssignal einer immer größer werdenden Zeitdauer T entspricht. Der Zeitgeber 16 wird nach jedem Umsteuern der Sauerstoffzufuhr wieder zurückgesetzt.

Bei Sauerstoffüberschuß wird das Ausgangssignal des Zeitgebers 16 mittels eines Vergleichs 17 mit der Zuflußzeit TZ verglichen. Wird das Ausgangssignal des Zeitgebers 16 gleich oder größer als die durch die Zuflußzeit TZ vorgegebene Zeitdauer, so wird ein Umsteuersignal erzeugt und an eine Umsteuerung 18 weitergegeben. Die Umsteuerung 18 bewirkt zum einen, daß die Sauerstoffzufuhr zu dem Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 von dem Sauerstoffüberschuß zu einem Sauerstoffmangel umgesteuert wird. Zum anderen setzt die Umsteuerung 18 den Zeitgeber 16 wie erwähnt zurück.

Bei Sauerstoffmangel wird das Ausgangssignal des Zeitgebers 16 mittels eines Vergleichs 19 mit der Abflußzeit TA verglichen. Erreicht das Ausgangssignal des Zeitgebers 16 die durch die Abflußzeit TA vorgegebene Zeitdauer, so wird ein Umsteuersignal erzeugt und an die Umsteuerung 18 weitergegeben. Die Umsteuerung bewirkt zum einen, daß die Sauerstoffzufuhr zu dem Brennraum 4 von dem Sauerstoffmangel entweder zu einem Sauerstoffüberschuß oder zu einem stöchiometrischen Verhältnis umgesteuert wird. Zum anderen wird der Zeitgeber 16 wieder zurückgesetzt.

Die Umsteuerung der Sauerstoffzufuhr kann dabei wie erwähnt beispielsweise mittels der Drosselklappe 13 erfolgen.

In der Fig. 3 wird bei Sauerstoffüberschuß durch das Steuergerät 11 in einem Block 20 der Massenstrom mNOx der Stickstoffoxide zu dem Katalysator 12 ermittelt. Dies kann in der Form eines im Steuergerät 11 abgelegten Kennfelds vorgenommen werden, wobei das Kennfeld zumindest von der an der Brennkraftmaschine 1 anliegenden Last M abhängig ist. Alternativ ist es möglich, daß das Kennfeld abhängig ist von dem dem Brennraum 4 zugeführten Luftmassenstrom mL. Des weiteren ist das Kennfeld in beiden Fällen von der Drehzahl n der Brennkraftmaschine 1 und/oder dem Verhältnis des Kraftstoff/Luft-Gemisches λ und/oder weiteren Parametern abhängig.

In einem Block 21 wird der Massenstrom mNOx hinsichtlich der tatsächlichen Speicherrate des Katalysators 12 korrigiert. Dies wird unter anderem in Abhängigkeit von dem Massenstrom mAbg des Abgases und/oder der Temperatur TKat des Katalysators 12 und/oder der Temperatur der Brennkraftmaschine 1 durchgeführt. Die Temperatur TKat des Katalysators 12 kann dabei über ein Temperaturmodell z. B. aus der Temperatur der Brennkraftmaschine 1 oder mit Hilfe eines entsprechend angebrachten Sensors ermittelt werden.

Des weiteren wird durch den Block 21 ein Faktor k1 berücksichtigt, der dem Anteil derjenigen Stickstoffoxide entspricht, die unverändert durch den Katalysator 12 hindurchgelangen und an die Umwelt abgegeben werden. Das Ausgangssignal des Blocks 21 stellt den wirksamen Massenstrom mNOxZ der dem Katalysator 12 zufließenden Stickstoffoxide dar.

Bei Sauerstoffüberschuß wird ein Schalter 22 derart von einer Umsteuerung 23 angesteuert, daß der Block 21 mit einem Block 24 verbunden ist. In dem Block 24 wird der Mas-

senstrom $mNOxZ$ integriert bzw. aufaddiert, so daß auf diese Weise die Masse $mNOx$ der dem Katalysator 12 zufließenden und im Katalysator 12 gespeicherten Stickstoffoxide von dem Steuergerät 11 ermittelt wird. Diese gespeicherte Masse $mNOx$ wird dabei während des Sauerstoffüberschusses aufgrund der zufließenden Stickstoffoxide immer größer, bis der Katalysator 12 keine Stickstoffoxide mehr aufnehmen und speichern kann. Die genannte Integration entspricht dem Beladen des Katalysators 12.

Die Masse $mNOx$ der dem Katalysator 12 zufließenden Stickstoffoxide wird einem Vergleich 25 zugeführt, der des weiteren von einer Zuflußmasse mZ beaufschlagt ist. Die Zuflußmasse mZ entspricht derjenigen Masse, die der Katalysator 12 an Stickstoffoxiden etwa maximal aufnehmen und speichern kann. Die Zuflußmasse mZ wird von einem Block 26 erzeugt. Die Zuflußmasse mZ ist dabei unter anderem abhängig von der Temperatur $TKat$ des Katalysators 12 und/oder dem Sättigungsverhalten des Speicherkatalysators.

Sobald die Masse $mNOx$ gleich oder größer wird als die Zuflußmasse mZ , wird ein Umsteuersignal erzeugt und an die Umsteuerung 23 weitergegeben. Dieses Umsteuersignal hat die Bedeutung, daß der Katalysator 12 nahezu vollständig beladen ist. Aufgrund des Umsteuersignals bewirkt die Umsteuerung 23 einerseits, daß die Sauerstoffzufuhr zu dem Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 von dem Sauerstoffüberschuß zu einem Sauerstoffmangel umgesteuert wird. Dies wird, wie erwähnt, beispielsweise mittels der Drosselklappe 13 erreicht. Andererseits wird von der Umsteuerung 23 der Schalter 22 in seine andere Schaltstellung gesteuert, so daß nunmehr ein Block 27 mit dem Block 24 verbunden ist. Der Integrator des Blocks 24 wird nicht zurückgesetzt.

Bei Sauerstoffmangel wird ein von dem Block 27 erzeugter Massenstrom $mNOxA$ von dem Block 24 mit negativem Vorzeichen integriert. Von der durch das Beladen entstandenen maximalen, der Zuflußmasse mZ entsprechenden Masse $mNOx$ wird also der Massenstrom $mNOxA$ fortwährend abgezogen. Dies stellt das Entladen des Katalysators 12 dar. Der Massenstrom $mNOxA$ wird dabei in Abhängigkeit von dem Massenstrom $mAbg$ des Abgases und/oder der Temperatur $TKat$ des Katalysators 12 und/oder der Temperatur der Brennkraftmaschine 1 ermittelt. Des weiteren wird durch den Block 27 ein Faktor $k2$ berücksichtigt, der dem Anteil derjenigen Kohlenmonoxide entspricht, die unverändert durch den Katalysator 12 hindurchgelangen und an die Umwelt abgegeben werden.

Die von dem Block 24 auf diese Weise erzeugte Masse $mNOx$ der in dem Katalysator 12 noch vorhandenen Stickstoffoxide wird einem Vergleich 28 zugeführt, der des weiteren von einer Abflußmasse mA beaufschlagt ist. Die Abflußmasse mA entspricht derjenigen Masse, bei der der Katalysator 12 nahezu von Stickstoffoxiden entladen ist. Die Abflußmasse mA wird von einem Block 29 erzeugt. Die Abflußmasse mA ist dabei unter anderem abhängig von der Temperatur $TKat$ des Katalysators 12 und/oder dem Sättigungsverhalten des Speicherkatalysators. Gegebenenfalls kann die Abflußmasse mA auch Null sein.

Sobald die Masse $mNOx$ gleich oder kleiner wird als die Abflußmasse mA , wird ein Umsteuersignal erzeugt und an die Umsteuerung 23 weitergegeben. Dieses Umsteuersignal hat die Bedeutung, daß der Katalysator 12 nahezu vollständig entladen ist. Aufgrund des Umsteuersignals bewirkt die Umsteuerung 23 einerseits, daß die Sauerstoffzufuhr zu dem Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 von dem Sauerstoffmangel zu einem Sauerstoffüberschuß umgesteuert wird. Dies wird, wie erwähnt, beispielsweise mittels der Drosselklappe 13 erreicht. Andererseits wird von der Umsteuerung 23 der Schalter 22 wieder in seine andere Schalt-

stellung gesteuert, so daß der Block 21 wieder mit dem Block 24 verbunden ist. Der Integrator des Blocks 24 wird wieder nicht zurückgesetzt.

Auf diese Weise stellt die von dem Integrator des Blocks 24 erzeugte Masse $mNOx$ immer diejenige Masse an Stickstoffoxiden dar, die in dem Katalysator gespeichert sind. Die Steuerung und/oder Regelung der Sauerstoffzufuhr zum Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 wird in Abhängigkeit von der Masse $mNOx$ vorgenommen. Insoweit ist die Sauerstoffzufuhr und damit die Be- oder Entladung des Katalysators 12 immer abhängig von dem Beladungszustand des Katalysators 12. Der Katalysator 12 wird mittels des Steuergeräts 11 abwechselnd mit Stickstoffoxiden beladen und danach wieder entladen.

Wird die Brennkraftmaschine 1 abgeschaltet und danach erneut in Betrieb genommen, so wird der Integrator des Blocks 24 mittels eines Blocks 30 auf einen Startwert gesetzt. Dieser Startwert ist insbesondere abhängig von dem Beladungszustand des Katalysators 12 bei der vorhergehenden Beendigung des Betriebs der Brennkraftmaschine 1. Des weiteren kann der Startwert abhängig sein von den jeweiligen Temperaturen $TKat$ des Katalysators 12 bei der Beendigung und bei der nachfolgenden Wiederaufnahme des Betriebs der Brennkraftmaschine 1.

Die Fig. 4 entspricht weitgehend der Fig. 3. Aus diesem Grund werden nur diejenigen Merkmale und Schritte der Fig. 4 näher erläutert, die sich von der Fig. 3 unterscheiden. Gleiche Merkmale und Schritte sind in den Fig. 3 und 4 gleich gekennzeichnet.

Die Fig. 4 unterscheidet sich von der Fig. 3 im wesentlichen durch eine zeitabhängige Entladung anstelle einer massenabhängigen Entladung des Katalysators 12. Der Schalter 22 sowie die Blöcke 27, 28, 29 sind in der Fig. 4 nicht vorhanden.

Bei der Fig. 4 wird bei einem Sauerstoffüberschuß der Katalysator 12 wie in der Fig. 3 aufgeladen. Erreicht die Masse $mNOx$ der dem Katalysator 12 zufließenden Stickstoffoxide die Zuflußmasse mZ , so wird die Sauerstoffzufuhr mittels der Umsteuerung 23 in Richtung Sauerstoffmangel umgesteuert. Diese Umsteuerung bewirkt in der Fig. 4 des weiteren, daß ein Zeitgeber 31 zurückgesetzt wird. Das Ausgangssignal des Zeitgebers 31 stellt eine immer größer werdende Zeitdauer T dar, die mittels eines Vergleichs 32 mit einer vorgegebenen Zeitdauer TA verglichen wird. Ist das Ausgangssignal des Zeitgebers 31 gleich oder größer als die vorgegebene Zeitdauer TA , so wird der Sauerstoffmangel beendet und es erfolgt über die Umsteuerung 23 wiederum ein Umschalten von dem Sauerstoffmangel zu dem Sauerstoffüberschuß. Bei dieser Umsteuerung wird dann der Integrator des Blocks 24 wieder zurückgesetzt bzw. auf den von dem Block 30 vorgegebenen Startwert gesetzt.

Die Zeitdauer TA wird von einem Block 33 vorgegeben. Die Zeitdauer TA wird dabei in Abhängigkeit von der Drehzahl n der Brennkraftmaschine 1 und/oder von der an der Brennkraftmaschine 1 anliegenden Last M und/oder von der Temperatur $TKat$ des Katalysators 12 und/oder von der Temperatur der Brennkraftmaschine 1 bestimmt.

Als Ergänzung zu der in der Fig. 1 dargestellten Brennkraftmaschine 1 ist es möglich, einen Lambda-Sensor 34 nach dem Katalysator 12 anzuordnen. Damit kann von dem Lambda-Sensor 34 das Verhältnis des Kraftstoff/Luft-Gemisches nach dem Katalysator 12 überwacht werden. Sobald von dem Lambda-Sensor 34 ein Übergang von einem mageren auf ein fettes Kraftstoff/Luft-Gemisch erkannt wird, bedeutet dies, daß der Katalysator 12 nicht mehr genügend Sauerstoff zur Oxidation der Kohlenwasserstoffe und des Kohlenmonoxids abgibt. Der Speicherkatalysator ist somit

entladen. Dieser Übergang kann dazu verwendet werden, um daraufhin den Sauerstoffmangel und damit den Entladevorgang zu beenden und die Sauerstoffzufuhr wieder zu einem Beladevorgang umzusteuern. Es wird also die Beendigung des Sauerstoffmangels in Abhängigkeit von dem Lambda-Sensor **34** beeinflusst.

Dabei ist es möglich, mit Hilfe des beschriebenen Lambda-Sensors **34** die Ausgangssignale der Blöcke **14**, **15** der Fig. 2 oder der Blöcke **26**, **29** der Fig. 3 oder der Blöcke **26**, **33** der Fig. 4 zu beeinflussen oder auf den Startwert des Blocks **30** bei Fig. 3 und 4 einzuwirken. Insbesondere ist es möglich, mittels des Lambda-Sensors **34** eine Adaption bzw. Kompensation der in den Fig. 2, 3, 4 beschriebenen Verfahren hinsichtlich möglicher Ungenauigkeiten bei der Ermittlung der vorgegebenen Massen bzw. Zeiten oder hinsichtlich möglicher alterungsbedingter Veränderungen der genannten Massen bzw. Zeiten zu erreichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem ein Kraftstoff/Luft-Gemisch in einem Brennraum (4) verbrannt wird, bei dem das bei der Verbrennung entstehende Abgas mittels eines Katalysators (12) behandelt wird, wobei der Katalysator (12) zur Reduzierung von zugeführten Stickstoffoxiden geeignet ist, und bei dem das Kraftstoff/Luft-Gemisch derart dem Brennraum (4) zugeführt wird, daß im Brennraum (4) zuerst ein Sauerstoffüberschuß und dann ein Sauerstoffmangel vorhanden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß während des Sauerstoffüberschusses die Masse (m_{NOx}) der dem Katalysator (12) zufließenden Stickstoffoxide ermittelt wird, und daß bei Erreichen einer vorgegebenen Zuflußmasse (m_Z) von dem Sauerstoffüberschuß zu dem Sauerstoffmangel umgesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Masse (m_{NOx}) der dem Katalysator (12) zufließenden Stickstoffoxide durch eine Integration (22) des Massenstroms (m_{NOxZ}) der dem Katalysator (12) zufließenden Stickstoffoxide ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Massenstrom (m_{NOxZ}) der dem Katalysator (12) zufließenden Stickstoffoxide aus dem Luftmassenstrom (m_L) zum Brennraum (4) oder aus der an der Brennkraftmaschine (1) anliegenden Last (M) ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ermittlung die Drehzahl (n) der Brennkraftmaschine (1) und/oder das Verhältnis (λ) des Kraftstoff/Luft-Gemisches im Brennraum (4) berücksichtigt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Faktor (k_1) berücksichtigt wird, der dem Anteil der an die Umwelt abgegebenen Stickstoffoxide entspricht.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß während des Sauerstoffmangels die Masse (m_{NOx}) der in dem Katalysator (12) noch vorhandenen Stickstoffoxide ermittelt wird, und daß bei Erreichen einer vorgegebenen Abflußmasse (m_A) der Sauerstoffmangel beendet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Masse (m_{NOx}) der vom Katalysator (12) abfließenden Stickstoffoxide durch eine Integration des Massenstroms (m_{NOxA}) der vom Katalysator (12) abfließenden Stickstoffoxide ermittelt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, da-

durch gekennzeichnet, daß bei der Ermittlung ein Faktor (k_2) berücksichtigt wird, der dem Anteil der an die Umwelt abgegebenen Kohlenmonoxide entspricht.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ermittlung der Massenstrom (m_{Abg}) des Abgases und/oder die Temperatur (T_{Kat}) des Katalysators (12) und/oder die Temperatur der Brennkraftmaschine (1) berücksichtigt wird.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebene Zuflußmasse (m_Z) und/oder die vorgegebene Abflußmasse (m_A) in Abhängigkeit von der Temperatur (T_{Kat}) des Katalysators (12) und/oder von dem Sättigungsverhalten des Katalysators (12) bestimmt werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Sauerstoffmangel nach einer vorgegebenen Zeitdauer (T_A) beendet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitdauer (T_A) in Abhängigkeit von der Drehzahl (n) der Brennkraftmaschine (1) und/oder der an der Brennkraftmaschine (1) anliegenden Last (M) und/oder der Temperatur (T_{Kat}) des Katalysators (12) und/oder der Temperatur der Brennkraftmaschine (1) bestimmt wird.

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Kraftstoff/Luft-Gemisches nach dem Katalysator (12) überwacht wird, und daß in Abhängigkeit davon die Beendigung des Sauerstoffmangels beeinflusst wird.

14. Steuerelement, insbesondere Read-Only-Memory, für ein Steuergerät (11) einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, auf dem ein Programm abgespeichert ist, das auf einem Rechenggerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 geeignet ist.

15. Brennkraftmaschine (1) insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit Mitteln zur Verbrennung eines Kraftstoff/Luft-Gemisches in einem Brennraum (4), mit einem Katalysator (12) zur Behandlung des bei der Verbrennung entstehenden Abgases, wobei der Katalysator (12) zur Reduzierung von zugeführten Stickstoffoxiden geeignet ist, und bei dem das Kraftstoff/Luft-Gemisch derart dem Brennraum (4) zuführbar ist, daß im Brennraum (4) zuerst ein Sauerstoffüberschuß und dann ein Sauerstoffmangel vorhanden ist, dadurch gekennzeichnet, daß ein Steuergerät (11) vorhanden ist, mit dem während des Sauerstoffüberschusses die Masse (m_{NOx}) der dem Katalysator (12) zufließenden Stickstoffoxide ermittelbar ist, und mit dem bei Erreichen einer vorgegebenen Zuflußmasse (m_Z) von dem Sauerstoffüberschuß zu dem Sauerstoffmangel umsteuerbar ist.

16. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß von dem Steuergerät (11) während des Sauerstoffmangels die Masse (m_{NOx}) der in dem Katalysator (12) noch vorhandenen Stickstoffoxide ermittelbar ist, und daß das Steuergerät (11) bei Erreichen einer vorgegebenen Abflußmasse (m_A) den Sauerstoffmangel beendet.

17. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuergerät (11) den Sauerstoffmangel nach einer vorgegebenen Zeitdauer (T_A) beendet.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

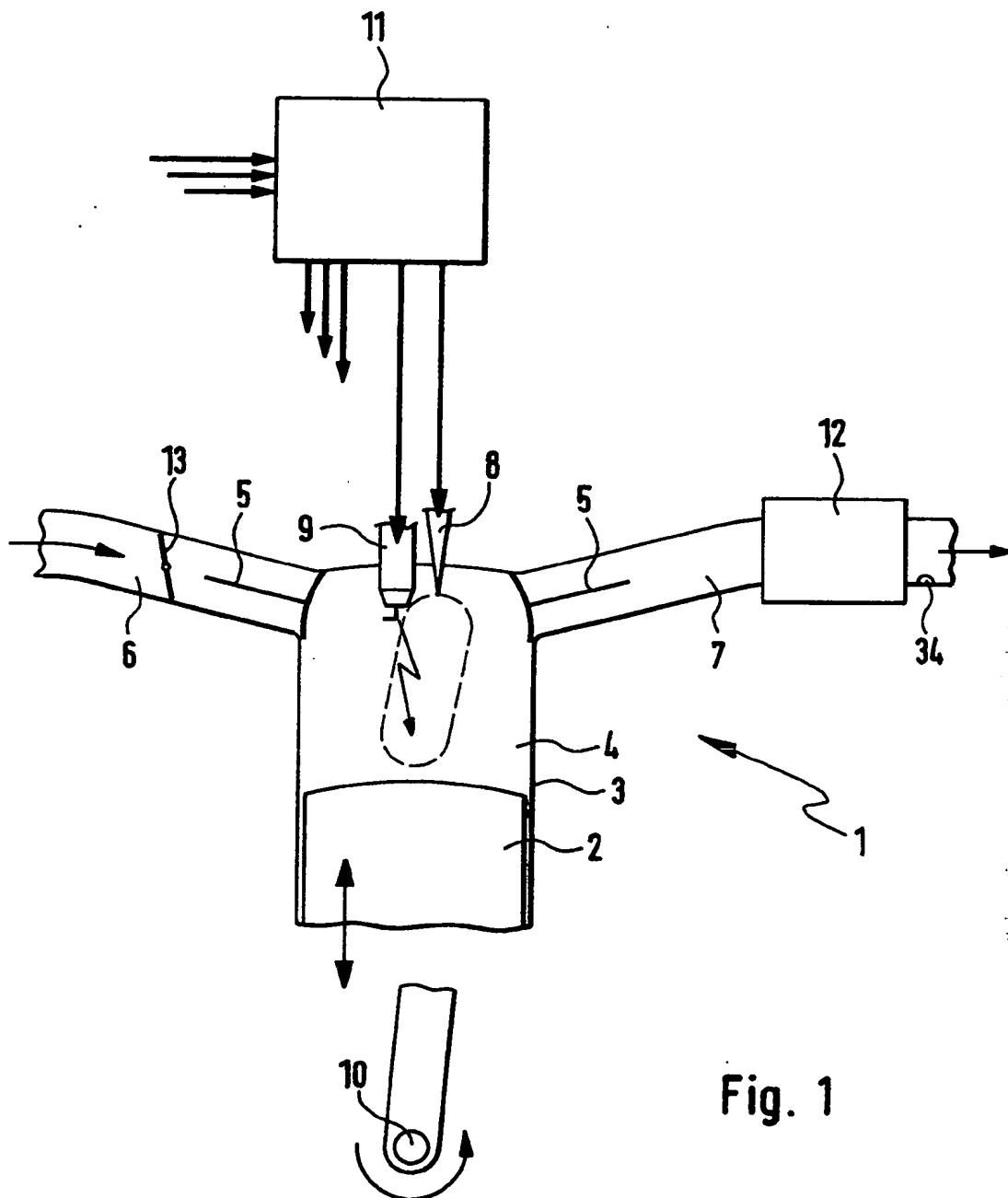


Fig. 1

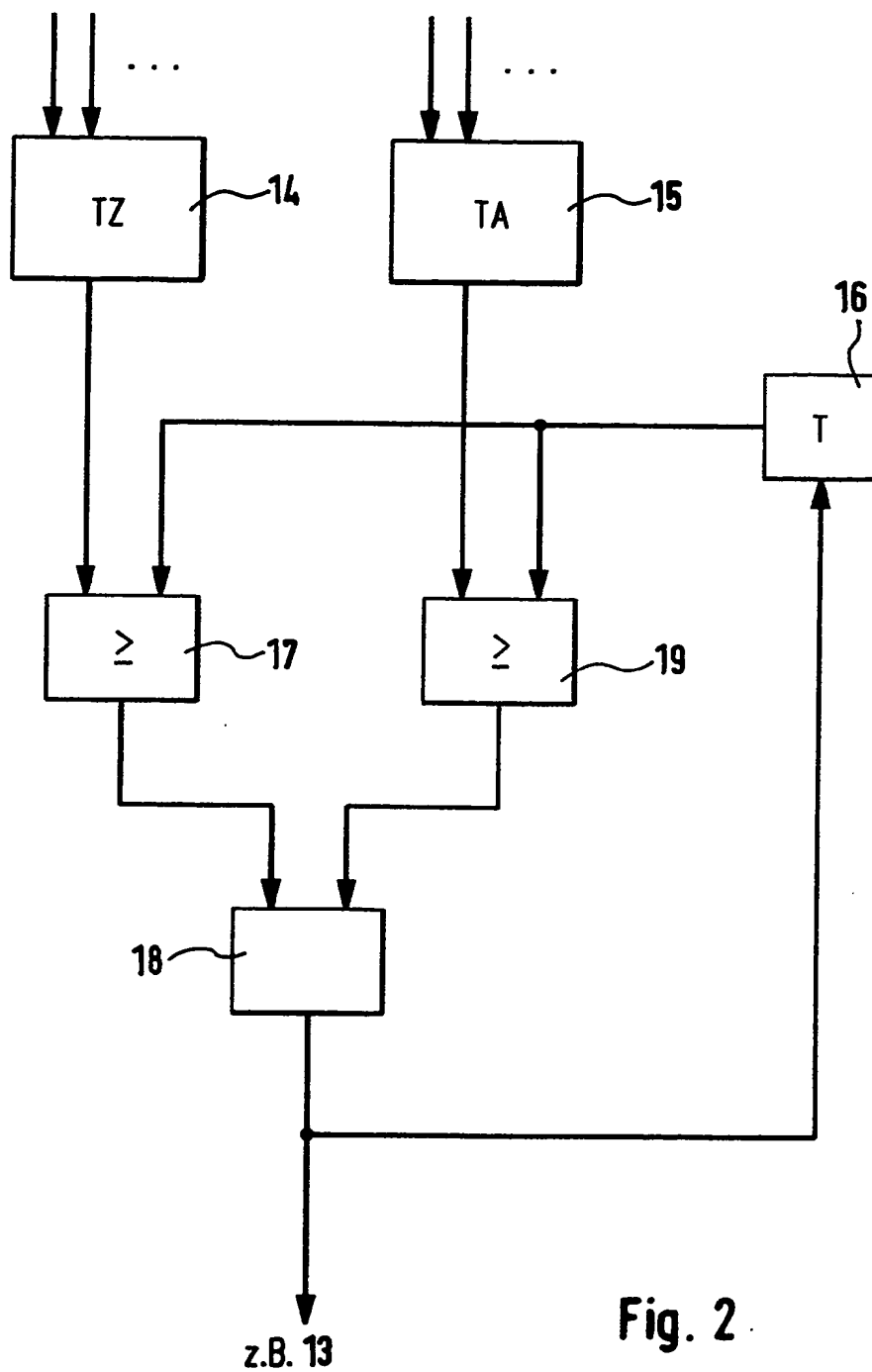


Fig. 2

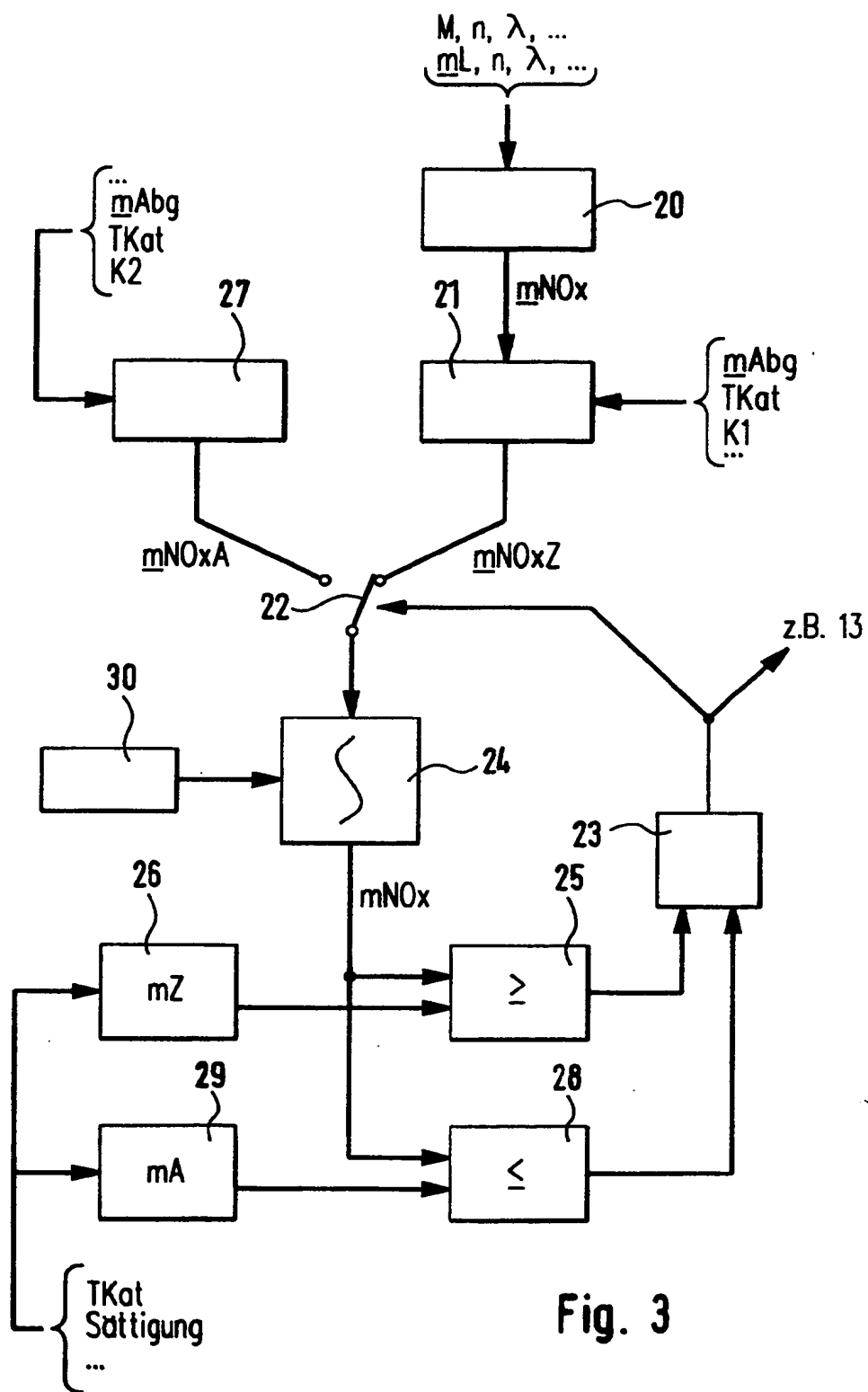


Fig. 3

Fig. 4

